

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 2001157304  
PUBLICATION DATE : 08-06-01

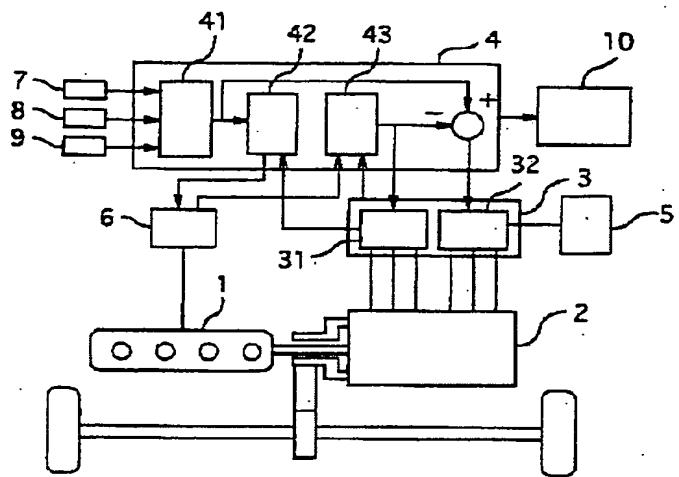
APPLICATION DATE : 24-11-99  
APPLICATION NUMBER : 11333160

APPLICANT : DENSO CORP;

INVENTOR : TSUJI HIROYA;

INT.CL. : B60L 11/14 B60L 11/18 F02D 29/06  
H02K 16/02 // B60K 6/02 H02P 6/12

TITLE : ROTARY ELECTRIC MACHINE FOR  
HYBRID VEHICLE



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a rotary electric machine of a relative rotation double rotor type for a hybrid vehicle which can prevent demagnetization of a magnet to be caused by temperature rise, while restraining output decrease with simple constitution.

SOLUTION: A first rotary electric machine constituted of a relative rotation double rotor type magnet system synchronous machine is installed between an engine 1 and an axle, which has a well-known power converting part 2 to be driven by a second rotary electric machine. The power converting part 2 performs the well-known hybrid vehicle control wherein an engine output command value and an engine rotational frequency command value are determined on the basis of a vehicle torque command value and a vehicle running speed, a torque command value of the first rotary electric machine is so determined that deviation between the engine rotational frequency command value and an engine rotational frequency detected value converges to zero, and a torque command value of the second rotary electric machine is determined on the basis of the difference between the vehicle torque command value and the torque command value of the first rotary electric machine. The temperature of a permanent magnet of the power converting part 2 is estimated on the basis of these data.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-157304

(P2001-157304A)

(43)公開日 平成13年6月8日(2001.6.8)

(51)Int.Cl.  
B 60 L 11/14  
11/18  
F 02 D 29/06  
H 02 K 16/02  
// B 60 K 6/02

識別記号

F I  
B 60 L 11/14  
11/18  
F 02 D 29/06  
H 02 K 16/02  
B 60 K 9/00

テマコード(参考)  
3 G 0 9 3  
Z 5 H 1 1 5  
G 5 H 5 6 0  
E

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 11 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号

特願平11-333160

(22)出願日

平成11年11月24日(1999.11.24)

(71)出願人 000004260

株式会社デンソー

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72)発明者 辻 浩也

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

(74)代理人 100081776

弁理士 大川 宏

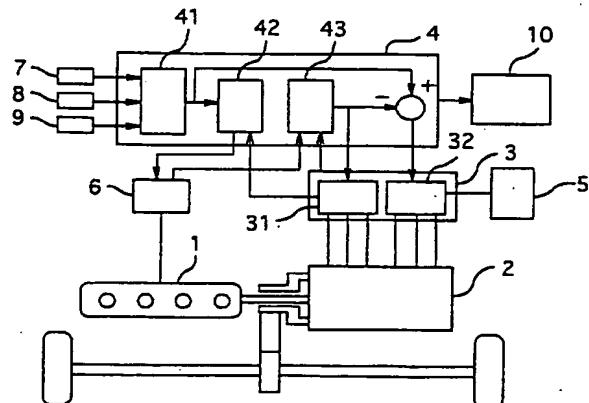
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ハイブリッド車用回転電機装置

(57)【要約】

【課題】簡素な構成で出力低下を抑止しつつ温度上昇による磁石の減磁を防止可能なハイブリッド車用相対回転二重ロータ型回転電機装置を提供すること。

【解決手段】エンジン1と車輪軸との間に相対回転二重ロータ型磁石式同期機からなる第1の回転電機が設けられ、更に、車輪軸は第2の回転電機で駆動される公知の動力変換部2をもつ。この動力変換部2は、車両トルク指令値及び車両走行速度に基づいてエンジン出力指令値とエンジン回転数指令値とを決定し、このエンジン回転数指令値とエンジン回転数検出値との偏差に基づいてそれを0に収束させるように第1の回転電機のトルク指令値を決定し、車両トルク指令値と第1の回転電機のトルク指令値との間の差に基づいて第2の回転電機のトルク指令値を決定する公知のハイブリッド車制御を行うとともに、これらデータに基づいて動力変換部2の永久磁石の磁石温度を推定する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】エンジンに連結される第1の回転子、前記第1の回転子に相対回転可能に電磁結合して車輪を駆動する第2の回転子を有する相対回転二重ロータ型磁石式同期機からなるとともにインバータを通じて蓄電装置と電力授受する第1の回転電機と、インバータを通じて前記蓄電装置と電力授受して前記車輪を駆動する第2の回転電機とを有する動力変換部、及び、前記エンジン及び前記動力変換部を制御する制御装置を備え、前記制御装置は、

入力される操作情報に基づいてトルク指令値を出力する車両トルク指令値を決定する車両トルク指令値決定部、少なくとも前記車両トルク指令値及び車両走行速度に基づいてエンジン出力指令値を決定するエンジン出力指令値決定部と、

前記エンジン出力指令値に基づいてエンジン回転数指令値を決定するエンジン回転数指令値決定部と、

前記エンジン回転数指令値とエンジン回転数検出値との偏差に基づいてそれを0に収束させるように第1の回転電機のトルク指令値を決定し、更に前記車両トルク指令値と前記第1の回転電機のトルク指令値との間の差を含む前記第2の回転電機のトルク指令値を決定する回転電機トルク指令値決定部と、

を備え、

各前記指令値に従って前記エンジン及び両回転電機を制御するハイブリッド車用回転電機装置において、

前記制御部は、前記エンジン及び前記両回転電機の制御のために前記制御部に読み込まれたデータ、及び、前記エンジン及び前記両回転電機の制御のために前記データに基づいて求めたデータに基づいて、前記第1の回転電機の永久磁石の磁石温度を推定することを特徴とするハイブリッド車用回転電機装置。

【請求項2】エンジンに連結される第1の回転子、前記第1の回転子に相対回転可能に電磁結合して車輪を駆動する第2の回転子を有する相対回転二重ロータ型磁石式同期機からなるとともにインバータを通じて蓄電装置と電力授受する第1の回転電機と、インバータを通じて前記蓄電装置と電力授受して前記車輪を駆動する第2の回転電機とを有する動力変換手段、及び、前記エンジン及び前記動力変換手段を制御する制御装置を備え、前記制御装置は、

入力される操作情報に基づいて車両トルク指令値を決定する車両トルク指令値決定部、

少なくとも前記車両トルク指令値及び車両走行速度に基づいてエンジン出力指令値を決定するエンジン出力指令値決定部と、

前記エンジン出力指令値に基づいてエンジン回転数指令値を決定するエンジン回転数指令値決定部と、

前記エンジン回転数指令値とエンジン回転数検出値との偏差に基づいてそれを0に収束させるように第1の回転

電機のトルク指令値を決定し、更に前記車両トルク指令値と前記第1の回転電機のトルク指令値との間の差を含む前記第2の回転電機のトルク指令値を決定する回転電機トルク指令値決定部と、

を備え、

各前記指令値に従って前記エンジン及び両回転電機を制御するハイブリッド車用回転電機装置において、前記制御部は、前記エンジン及び前記両回転電機の制御のために前記データに基づいて読み込まれたデータ、及び、前記

10 エンジン及び前記両回転電機の制御のために前記データに基づいて求めたデータに基づいて、前記第1の回転電機の永久磁石の不可逆的な減磁を生じない範囲での電機子電流の最大値を決定し、前記電機子電流を前記最大値未満に制限することを特徴とするハイブリッド車用回転電機装置。

【請求項3】請求項1又は2記載のハイブリッド車用回転電機装置において、

前記制御部は、演算した前記エンジン出力指令値と前記エンジン回転数検出値とから求めた前記第1の回転電機

20 の出力トルク値と、前記第1の回転電機のトルク指令値と、磁石温度又は電機子電流の最大値との関係をあらかじめ記憶し、前記関係に基づいて前記磁石温度又は電機子電流の最大値を決定することを特徴とするハイブリッド車用回転電機装置。

【請求項4】請求項3記載のハイブリッド車用回転電機装置において、

前記制御部は、前記エンジン及び第1の回転子を含む回転系の慣性トルクを演算し、

前記慣性トルク、前記出力トルク値及び前記第1の回転電機のトルク指令値と前記磁石温度又は電機子電流の最大値との関係をあらかじめ記憶し、前記関係に基づいて前記磁石温度又は電機子電流の最大値を決定することを特徴とするハイブリッド車用回転電機装置。

【請求項5】請求項3又は4記載のハイブリッド車用回転電機装置において、

前記制御部は、

前記慣性トルクと前記出力トルク値との合計又は前記出力トルク値と前記第1の回転電機のトルク指令値との比と、前記蓄電装置の充放電電力との関係をあらかじめ記憶し、前記関係に基づいて前記第1の回転電機の永久磁石の劣化の度合を判定することを特徴とするハイブリッド車用回転電機装置。

【請求項6】請求項5記載のハイブリッド車用回転電機装置において、

前記制御部は、

前記判定結果に基づいて、前記慣性トルク、前記出力トルク値及び前記第1の回転電機のトルク指令値と前記磁石温度又は電機子電流の最大値との関係、又は、前記出力トルク値及び前記第1の回転電機のトルク指令値と前記磁石温度又は電機子電流の最大値との関係を補正する

ことを特徴とするハイブリッド車用回転電機装置。

【請求項7】請求項1記載のハイブリッド車用回転電機装置において、

前記制御部は、前記永久磁石温度と入力される電機子電流値に基づいて前記第1の回転電機の電機子コイルの温度を推定することを特徴とするハイブリッド車用回転電機装置。

【請求項8】請求項7記載のハイブリッド車用回転電機装置において、

前記制御部は、推定した前記第1の回転電機の電機子コイルの温度に基づいて、前記電機子コイルの絶縁皮膜劣化を生じない範囲での電機子電流の最大値を決定し、前記電機子電流を前記最大値未満に制限することを特徴とするハイブリッド車用回転電機装置。

【発明の詳細な説明】

【発明の属する技術分野】本発明は、ハイブリッド車用相対回転二重ロータ型回転電機装置に関する。

【従来の技術】エンジン動力の一部または全部の動力を電力に変換して車輪駆動動力に変換するハイブリッド車の動力伝達装置に、相対回転二重ロータ型回転電機（以下、単に二重ロータモータともいう）を用いる方式が知られている。この回転電機は、電磁結合可能に対面しつつ互いに独立に回転する一対のロータを有している。両ロータ間の電磁結合としては、一方を永久磁石型界磁極、他方を電機子コイルとする磁石式同期機型の結合を用いるのが好適であり、両ロータの相対角速度差に比例する電力が電機子コイルに生じ、低い方の角速度に比例する動力が高速側のロータから低速側のロータに伝達され、上記電力は、他の回転電機を通じて車輪動力に変換されたり、蓄電装置や補機モータに送電される。この磁石式同期機型の相対回転二重ロータ型回転電機（以下、単に二重ロータモータともいう）では、ロータの永久磁石が高温高負荷運転において磁石の減磁（不可逆的）が問題となり、このため、従来は、電機子電流をこのような減磁が生じない範囲にあらかじめ低めに制限したり、あるいは磁石回転型回転電機内に内蔵した温度センサの検出温度に基づいて、磁石回転型回転電機の内部温度が許容最高温度を超えないように電機子電流を制限したり、あるいは冷却を強化したりするなどの対策を取っている。

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、最高運転温度でも磁石の減磁が生じないように電機子電流を常時制限することは、いたずらに磁石回転型回転電機体格を増大するので好ましくない。磁石回転型回転電機内に温度センサを内蔵し、検出温度に応じて上述のごとき対策をとったり、あるいはそれに応じて磁石回転型回転電機の制御モードを可能な範囲で変更して磁石の減磁が生じない範囲で磁石回転型回転電機を運転制御することは、体格増大なしに出力アップを図ることができ、好都合である。ただし、磁石回転型回転電機内の各部温度の

ばらつきが大きいため、温度センサは永久磁石にできるだけ近接して設けないと、磁石温度と検出温度との間の温度差が大きくなり、かつ、磁石温度の変化（上昇）に対する検出温度の変化（上昇）のレスポンスの遅延が生じ、これを見込んで安全設計する必要が生じ、出力の十分な向上を期待できない。温度センサの最も好適な配設位置は、当然、永久磁石に密接する位置であるが、磁石回転型回転電機では永久磁石が高速回転するため、同じく高速回転する温度センサの支持が容易でなく、更に温度センサから信号を取り出すためにスリッピングとブランとのペアを追加する必要があり、構成の複雑化が実用化上の問題となる。本発明は上記問題点に鑑みなされたものであり、簡素な構成で出力低下を抑止しつつ温度上昇による磁石の減磁を防止可能なハイブリッド車用相対回転二重ロータ型回転電機装置を提供することを、その目的としている。

【課題を解決するための手段】請求項1記載のハイブリッド車用回転電機装置は、エンジンと車輪軸との間に相対回転二重ロータ型磁石式同期機からなる第1の回転電機が設けられ、更に、車輪軸は第2の回転電機で駆動される公知の動力変換部をもつ。この動力変換部は、車両トルク指令値及び車両走行速度に基づいてエンジン出力指令値とエンジン回転数指令値とを決定し、このエンジン回転数指令値とエンジン回転数検出値との偏差に基づいてそれを0に収束させるように第1の回転電機のトルク指令値を決定し、車両トルク指令値と第1の回転電機のトルク指令値との間の差に基づいて第2の回転電機のトルク指令値を決定する公知のハイブリッド車制御を行う。本発明では特に、上述の過程にて用いたデータに基づいて第1の回転電機の永久磁石の磁石温度を推定する。このようにすれば、簡素な構成で出力低下を抑止しつつ温度上昇による磁石の減磁を防止可能なハイブリッド車用相対回転二重ロータ型回転電機装置を実現することができる。更に具体的に説明すれば、本発明では、ハイブリッド車制御に用いるために検出したデータ又はそれに基づいて内部で演算したデータに基づいて第1の回転電機の磁石温度を推定する。このため、ハイブリッド車の二重ロータモータのような頻繁に運転状態が変動する回転電機のおいてもリアルタイムで時間遅れなしに磁石温度を検出することができる。その結果、検出した磁石温度が高温となればそれを警告したりあるいは電機子電流を制限して磁石減磁を防止するなどの対策を適切なタイミングで実施することができる。また、追加のセンサを設ける必要がなく、信号処理動作の負担増も少ないので、ハードウェア又はソフトウェアの構成複雑化の負担も小さい。更に、高温大電機子電流時の磁石減磁を恐れて電機子電流を余分に制限したり、回転電機の体格を大型化するなどの温度上昇抑制策を採用する必要がないので、可能出力当たりの回転電機の重量、搭載スペースを減らすことができる。請求項2記載のハイブリッド車

用回転電機装置は、エンジンと車輪軸との間に相対回転二重ロータ型磁石式同期機からなる第1の回転電機が設けられ、更に、車輪軸は第2の回転電機で駆動される公知の動力変換部をもつ。この動力変換部は、車両トルク指令値及び車両走行速度に基づいてエンジン出力指令値とエンジン回転数指令値とを決定し、このエンジン回転数指令値とエンジン回転数検出値との偏差に基づいてそれを0に収束させるように第1の回転電機のトルク指令値を決定し、車両トルク指令値と第1の回転電機のトルク指令値との間の差に基づいて第2の回転電機のトルク指令値を決定する公知のハイブリッド車制御を行う。本発明では特に、上述の過程にて用いたデータに基づいて第1の回転電機の電機子電流の許容最大値を決定し、それ以下の範囲で第1の回転電機を運転する。このようにすれば、簡素な構成で出力低下を抑止しつつ温度上昇による磁石の減磁を防止可能なハイブリッド車用相対回転二重ロータ型回転電機装置を実現することができる。更に具体的に説明すれば、本発明では、ハイブリッド車制御に用いるために検出したデータ又はそれに基づいて内部で演算したデータに基づいて電機子電流の許容最大値を決定し、それ以下の範囲で第1の回転電機を運転する。このため、ハイブリッド車の二重ロータモータのような頻繁に運転状態が変動する回転電機においてもリアルタイムで時間遅れなしに磁石温度を検出することができる。その結果、永久磁石が不可逆減磁しないぎりぎりの範囲で回転電機を運転でき、体格をいたずらに増大することなく、その重量、搭載スペース当たりの出力を向上することができる。また、追加のセンサを設ける必要がなく、信号処理動作の負担増も少ないので、ハードウェア又はソフトウエアの構成複雑化の負担も小さい。更に、高温大電機子電流時の磁石減磁を恐れて 請求項3記載の構成によれば請求項1又は2記載のハイブリッド車用回転電機装置において更に、第1の回転電機の出力トルク値及びトルク指令値と磁石温度又は電機子電流の最大値との関係をあらかじめ記憶に基づいて磁石温度又は電機子電流の最大値を決定するので、精度よくかつ遅れなしに磁石温度又は電機子電流の最大値を決定することができる。請求項4記載の構成によれば請求項3記載のハイブリッド車用回転電機装置において更に、エンジン及び第1の回転子を含む回転系の慣性トルク、第1の回転電機の出力トルク値及びトルク指令値と磁石温度又は電機子電流の最大値との関係に基づいて磁石温度又は電機子電流の最大値を決定するので、慣性トルクの影響による誤差を解消することができる。請求項5記載の構成によれば請求項3又は4記載のハイブリッド車用回転電機装置において更に、慣性トルクと出力トルク値との合計又は出力トルク値と第1の回転電機のトルク指令値との比と、蓄電装置の充放電電力との関係に基づいて第1の回転電機の永久磁石の劣化(不可逆的な減磁)の度合を判定するので、永久磁石の不可逆的な減磁の度合を

簡素なハードウェア及びソフトウエア構成で高精度に推定することができる。請求項6記載の構成によれば請求項5記載のハイブリッド車用回転電機装置において更に、この判定結果に基づいて、慣性トルクと出力トルク値との合計又は出力トルク値と第1の回転電機のトルク指令値との比と、磁石温度又は電機子電流の最大値との関係を補正するので、永久磁石の不可逆的な減磁発生後も高精度に磁石温度を推定したり、不可逆的な減磁を更に発生させない適切な電機子電流の許容最大値の決定が可能となる。請求項7記載の構成によれば請求項1記載のハイブリッド車用回転電機装置において更に、制御部は、永久磁石温度と入力される電機子電流値とに基づいて第1の回転電機の電機子コイルの温度を推定する。以下、更に詳しく説明する。第1の回転電機の永久磁石と電機子コイルとは近接配置されており、電機子電流が0であれば、ほぼ等しいと見なすことができる。電機子電流が流れると、電機子コイルの温度がその抵抗損失により上昇し、それに連れて永久磁石温度も上昇する。すなわち、電機子コイル温度は、永久磁石と電機子コイルとの間の温度差をもたらす現在より所定時間以前までの時間(影響時間と称する)内における電機子電流のパターンと、永久磁石温度との両方に相関関係を有する。電機子電流のパターンについて説明すれば、上記影響時間の初期に大電流が流れ、その後現在まで電流0の場合には、上記大電流により電機子コイルの温度上昇は通電後の電機子コイルの放熱による低下しているはずであり、逆に、上記影響時間の後期すなわち現時点の直前に大電流が流れ、それ以前は電流0の場合には、上記大電流により電機子コイルの温度上昇は通電後の電機子コイルの放熱による低下しない。放熱性能は電機子コイルの絶対温度にも相關を有する。そこで、これら電機子コイルの放熱性能を勘案した電機子電流値と、永久磁石温度と、電機子コイル温度との三元マップをあらかじめ計測、記憶しておき、演算により求めた永久磁石温度及び上記勘案電機子電流値をこのマップに代入して、電機子コイル温度を推定することができ、回転電機の安全性を向上することができる。請求項8記載の構成によれば請求項7記載のハイブリッド車用回転電機装置において更に、推定した第1の回転電機の電機子コイルの温度に基づいて、電機子コイルの絶縁皮膜劣化を生じない範囲での電機子電流の最大値を決定し、電機子電流を前記最大値未満に制限する。電機子コイルは絶縁用の樹脂皮膜を有し、この絶縁樹脂皮膜は一定の耐熱温度をもつて、電機子コイル温度をこのように推定できれば、回転電機の加熱による絶縁不良を防止しつつ限度一杯まで回転電機の電機子電流を流し、出力増大を図ることができるという効果、すなわち小型高出力の回転電機を実現できるという効果を奏することができる。

【発明の実施の形態】本発明のハイブリッド車用相対回転二重ロータ型回転電機装置の好適な態様を以下の実施

7  
例を参照して説明する。

【実施例1】(構成) 実施例1の装置を適用したハイブリッド車の動力伝達装置を図1を参照して説明する。1はエンジン、2は回転電機、3は後述する第1の回転電機21制御用の第1のインバータ31と後述する第2の回転電機22制御用の第2のインバータ32をもつ回転電機制御装置、4は車両制御装置、5は蓄電装置、6はエンジン制御装置、7はアクセルペダル踏角センサ(アクセルセンサともいう)、8はブレーキペダル踏角センサ(ブレーキセンサともいう)、9はシフトレバー、10は磁石温度推定手段を示す。車両制御装置4は、ハードウエア構成またはソフトウエア構成のトルク決定手段41、エンジン出力決定手段42、エンジン回転数制御手段43を有している。回転電機2の構成を図2に示す。23はシャフト20に嵌着、固定されたドラム状の第1の回転子、24は円筒状の第2の回転子、25は円筒状の固定子を示し、第1の回転子23と第2の回転子24は第1の回転電機21を構成し、第2の回転子24と固定子25は第2の回転電機22を構成している。26は第1の回転子23の回転センサ、27は第2の回転子の回転センサを示し、それぞれの回転電機制御装置3はこれらの回転センサを用いて各回転子位置を検出する。第1の回転子23は、積層電磁鉄心の外周部に電機子コイルを巻装してなり、第2の回転子24は第1の回転子23の外周面に小ギャップを隔てて同軸かつ相対回転自在に嵌着してなり、固定子25は第2の回転子24の外周面に小ギャップを隔てて同軸に嵌着してなる。第2の回転子24は、内周側および外周側にそれぞれ界磁極構成用の内周側永久磁石群(図示せず)および外周側永久磁石群(図示せず)を有する積層電磁鉄心からなる。固定子25は、積層電磁鉄心の内周部に電機子コイルを巻装してなり、第2の回転子24の外周面に小ギャップを隔ててハウジングに固定されている。したがって、第2の回転子24の内周側永久磁石セットと第1の回転子23とが、第1の回転電機21をなす相対回転二重ロータ型の磁石型同期機を構成し、第2の回転子24の外周側永久磁石セットと固定子25とが磁石式同期機を構成している。なお、これら内周側永久磁石セットおよび外周側永久磁石セットはそれぞれ、周方向等間隔、極性交互に設けられている。

(動作) この実施例のハイブリッド車の動力伝達装置の基本的な運転制御動作を図1および図2を参照して説明する。トルク決定手段41は、アクセルセンサ7、ブレーキセンサ8、シフトレバー9から入力される運転操作情報に基づいて車両トルク指令値T<sub>v'</sub>を決定する。エンジン出力決定手段42は、この車両トルク指令値T<sub>v'</sub>と回転電機制御装置3が検出したペラ軸回転数N<sub>v</sub>と、回転電機3の損失に関する情報を基づいてエンジン出力指令値P<sub>e'</sub>を決定し、エンジン制御装置6へ出力する。エンジン制御装置6は、エンジン出力指令値P

e'に基づいて最適なエンジン回転数指令値N<sub>e'</sub>を決定して車両制御装置4へ出力するとともに、このエンジン出力指令値P<sub>e'</sub>に対応する燃料をエンジン1に供給する。エンジン回転数制御手段43は、エンジン回転数指令値N<sub>e'</sub>と回転電機制御装置が検出した実際のエンジン回転数検出値N<sub>e</sub>との偏差に基づいて、それを0に収束させるように第1の回転電機21のトルク指令値T<sub>1'</sub>を決定し、それにもとづいて第1のインバータ31を通じて第1の回転電機21をいわゆるフィードバック制御する。具体的には、エンジン回転数制御手段43は、トルク指令値T<sub>1'</sub>からそれに対応する電流指令値を演算し、インバータ31を制御してこの電流指令値に等しい電流を第1の回転子23の電機子コイルに通電する。また、エンジン回転数制御手段43は、上記車両トルク指令値T<sub>v'</sub>と第1の回転電機のトルク指令値T<sub>1'</sub>の間のトルク指令値差T<sub>2'</sub>=T<sub>v'</sub>-T<sub>1'</sub>を算出し、これを、第2の回転電機22のトルク指令値とし、それにもとづいて第2のインバータ32を通じて第2の回転電機22を制御する。具体的には、エンジン回転数制御手段43は、トルク指令値T<sub>2'</sub>からそれに対応する電流指令値を演算し、インバータ32を制御してこの電流指令値に等しい電流を固定子25の電機子コイルに通電する。このハイブリッド車の動力伝達装置制御方式自体は公知事項であるので、これ以上の説明は省略する。

(磁石温度推定手段10) 磁石温度推定手段10について以下に説明する。まず、磁石温度とトルク変化との関係を以下に説明する。第2の回転子24の上記内周側永久磁石セットの温度Tと、第1の回転電機21のトルク指令値T<sub>1'</sub>の絶対値と実際の出力トルクT<sub>1</sub>の絶対値との比Kとの関係を図3に示す。なお、実際の出力トルクT<sub>1</sub>は、低温時であれば上述のフィードバック制御により、エンジン出力指令値をP<sub>e'</sub>、エンジン回転数検出値をN<sub>e</sub>(rps)として、 $T_e = P_e' / (2\pi N_e)$ と求められる実際のエンジントルクT<sub>e</sub>に収束する。磁石磁界が減少すれば、トルク指令値T<sub>1'</sub>に相当する電機子電流を流しても、実際に得られるトルクT<sub>1</sub>は小さくなり、T<sub>e</sub>の絶対値はT<sub>1</sub>の絶対値より大きくなつてエンジン回転数N<sub>e</sub>は増加する。すなわち、図3からわかるように、磁石温度が高くなると、トルク指令値T<sub>1'</sub>に相当する電流を第1の回転電機21の電機子コイルに与えても出力トルクT<sub>1</sub>は低下し、トルク比Kは小さくなる。これは磁石温度が高温となると磁石磁界が可逆的に小さくなる現象に由来するものである。上記現象を利用して磁石温度を推定する磁石温度推定手段10は、ハードウエアおよびソフトウエアのどちらでも構成できる。ソフトウエアで構成した例について図4に示すフローチャートを参照して以下に説明する。まず、車両制御装置4からエンジン出力指令値P<sub>e'</sub>、エンジン回転数N<sub>e</sub>、第1の回転電機のトルク指令値T<sub>1'</sub>を読

み込む(S100)。次に、エンジン出力指令値 $P_e'$ とエンジン回転数 $N_e$ より求めた $T_e = P_e' / (2\pi N_e)$ の式から上記フィードバック制御の実施により出力トルク $T_1$ が $T_e$ に収束したとみなせるとして、エンジントルクに相当する第1の回転電機21の出力トルク $T_1$ を求める。したがって、この出力トルク $T_1$ の演算は第1の回転電機のトルク指令値 $T_1'$ の急変がない領域で行われることが好ましい。(S102)。次に、第1の回転電機21のトルク指令値 $T_1'$ と出力トルク $T_1$ の絶対値の比K( $= |T_1| / |T_1'|$ )を算出し(S104)、算出した比Kを、あらかじめ図3の特性を記憶する内蔵のマップに代入して、磁石温度 $T$ を求める(S106)。すなわち、この実施例は、エンジン回転数指令値 $N_e'$ と実際のエンジン回転数検出値 $N_e$ とを一致させるべく決定される第1の回転電機31のトルク指令値 $T_1'$ が、内周側永久磁石セットの温度上昇による界磁束減少によりその低温時よりも大きくなるという現象に着目してなされたものであり、二重ロータモータを用いるハイブリッド車において、なんらセンサなどを追加することなく、ハイブリッド車制御に用いる制御パラメータを用いて、かつ、ハイブリッド車のように頻繁な回転数変動が生じる回転電機においてもリアルタイムに磁石温度を簡単に推定でき、実用性に優れるという利点をもつ。

【実施例2】実施例2の装置を適用したハイブリッド車の動力伝達装置を図5を参照して説明する。この動力伝達装置は、図1に示す実施例1の装置に対して、慣性トルク推定手段100を追加し、磁石温度推定手段10の構成を変更した点が異なっている。もちろん、この慣性トルク推定手段100は、ハードウェア、ソフトウェアのどちらで構成しようと構わない。この実施例では、ソフトウェアで実現した例を図6に示すフローチャートを参照して以下に説明する。

(慣性トルク推定手段100による慣性トルク算出)まず、車両制御装置4よりエンジン回転数 $N_e$ を適当な時間間隔で受け取って記憶更新し(S110)、直前に受信したエンジン回転数 $N_e$ の今回値 $N_e(n)$ と、記憶する前回のエンジン回転数 $N_e$ の前回値 $N_e(n-1)$ とから両者の差すなわち加速度 $\Delta N$ を求める(S112)。次に、あらかじめ記憶しているエンジン1および第1の回転子21を含む回転系の慣性質量およびこの加速度 $\Delta N$ に基づいて、この回転系の慣性トルク $T_i$ を求め(S114)、この慣性トルク $T_i$ を温度推定手段10に送信する(S116)。なお、慣性トルク $T_i$ は次に式から算出する。Mは比例定数、 $J_e$ は上記回転系の慣性モーメントである。

$$T_i = M \cdot \Delta N / J_e$$

この実施例の磁石温度推定手段10による磁石温度推定動作について図7を参照して以下に説明する。

(磁石温度推定手段10による磁石温度推定) 磁石温度

推定手段10は、図4に示すS100にて慣性トルク $T_i$ を読み込み、図7のS104にて、 $K = |T_1 + T_i| / |T_1'|$ の式に基づいて比Kを算出し、図4のS106にて磁石温度をマップからサーチする。このようにすれば、エンジン1と第1の回転子23を含む回転系の速度変化中でも慣性質量による誤差を補償することができるので、頻繁な速度変化を伴うハイブリッド車においてリアルタイムに正確な磁石温度を検出することができる。

10 (変形例) エンジン1と第1の回転子23とを弹性結合した場合の慣性トルク算出動作を図8に示す制御ブロック図に示す。J1は第1の回転子23の慣性モーメント、N1は第1の回転子23の回転数、N1(n)はその今回値、N1(n-1)はその前回値である。第1の回転子23のみの慣性トルク $T_{i23}$ を図6と同様の方法で求め、それに第1の回転子23にエンジン1から第1の回転子23への影響による第1の回転子23の慣性トルクの変化分 $T_{ie}$ を加えて、この弹性回転系の慣性トルク $T_i$ とする。

20 20 【実施例3】実施例3の装置を適用したハイブリッド車の動力伝達装置を図9を参照して説明する。この動力伝達装置は、図5に示す実施例1の装置に対して、温度関数補正手段200を追加し、磁石温度推定手段10の構成を変更した点が異なっている。もちろん、この温度関数補正手段200は、ハードウェア、ソフトウェアのどちらで構成しようと構わない。この実施例では、ソフトウェアで実現した例を図10に示すフローチャートを参照して以下に説明する。

(温度関数補正手段200の特徴) まず、この実施例の特徴をなす温度関数補正手段200の意味を以下に説明する。実施例1で用いた図3の磁石温度と比K( $= |T_1| / |T_1'|$ )との関係は、上記内周側永久磁石セットの磁界が低温時に規定強度であること(言い換えればこの内周側永久磁石セットの不可逆的な減磁がない)と仮定して求められている。しかし、実際には高温時に電機子コイルに大電流を通電した場合、内周側永久磁石セットの不可逆的な減磁が生じる場合がある。この不可逆的な減磁が生じると、たとえ磁石温度が低温であっても、磁石温度が高い場合と同じように永久磁石の磁界が減少して、既述の高温時の可逆的な磁石磁界減少(可逆的減磁)と同様に、比K( $= |T_1| / |T_1'|$ )が減少するはずである。したがって、不可逆的な減磁が生じると、永久磁石の不可逆的な減磁による比K( $= |T_1| / |T_1'|$ )の減少分 $\Delta K$ だけ図3に基づく磁石温度推定に誤差が生じてしまう。本明細書では、比K( $= |T_1| / |T_1'|$ )は、総合的な減磁によるトルク減少率であり、減少分 $\Delta K$ を不可逆減磁によるトルク減少率とすれば、可逆的な減磁によるトルク減少率K'は $K' \cdot \Delta K$ に等しくなるとすることができる。逆に言えば、たとえば永久磁石の不可逆的な減磁による比

II

$K (= |T_1| / |T_1'|)$  の減少分  $\Delta K$  がわかれば、実施例 1 で算出した比  $K (= |T_1| / |T_1'|)$  をこの減少分  $\Delta K$  で割れば、可逆的な減磁によるトルク減少率  $K'$  を求めることができ、この可逆的な減磁によるトルク減少率  $K'$  を比  $K (= |T_1| / |T_1'|)$  と見なして図 3 の特性に代入し、正確に磁石温度を推定できるはずである。この実施例は上記認識に基づいて永久磁石の不可逆的な減磁の比  $K$  への影響を補償して正確な磁石温度を推定するものである。本発明者らはハイブリッド車の上述した運転制御において、内周側永久磁石セットの減磁の大きさは蓄電装置の授受電力  $P_b$  と相関関係をもつことに着目した。更に説明すると、ハイブリッド車の運転制御では既述したように、車両トルク指令値  $T_v'$  とペラ軸回転数  $N_v$  とから決定される車両走行動力  $P_v$  と、回転電機 3 の損失（補機動力および蓄電装置を適正充電レベルに保持するための電力） $P_x$  との合計である必要動力  $\Sigma P$  をエンジン出力指令値  $P_e'$  と等しくし、この安定状態で蓄電装置がこの適正充電レベルで充放電なしに保持されるように設定する。ところが、内周側永久磁石セットの永久磁石の減磁が生じると、エンジン回転数指令値  $N_e'$  と実際のエンジン回転数検出値  $N_e$  との偏差を 0 に収束させるように第 1 の回転電機 3 1 のトルク指令値  $T_1'$  をフィードバック制御するにもかかわらず、 $T_1'$  の絶対値が  $T_1$ ' の絶対値よりも小さくなり、 $T_2' = T_v' - T_1'$  の式から求められる車両トルク指令値  $T_v'$  と第 1 の回転電機のトルク指令値  $T_1'$  の間のトルク指令値差  $T_2'$  が小さくなってしまい、エンジン出力と車両駆動用負荷との間に差が生じ、その分だけ、蓄電装置の充放電電力  $P_b$  が増大することになる。したがって、高温減磁が生じない所定温度範囲における蓄電装置の充放電電力  $P_b$  から内周側永久磁石セットの不可逆的な減磁の程度が推定できるわけである。

(温度関数補正手段 200 の動作) 温度関数補正手段 200 をソフトウェアで実現した例を図 10 に示すフローチャートを参照して以下に説明する。減磁がない場合には、蓄電装置の充放電電力値を一定期間中に定間隔でサンプリングして得た所定数のデータの平均値  $P_{bm}$  のばらつき（ここでは標準偏差）はほとんど 0 であり、減磁が生じると上述の理由により  $P_{bm}$  の標準偏差が大きくなる。そこで、この実施例では、高温減磁が生じない低温時における  $P_{bm}$  の標準偏差の大きさで不可逆的な減磁（すなわち、それによるトルク減少率  $\Delta k$ ）の大きさを判定する。具体的には、まず、平均充放電電力値  $P_{bm}$  の標準偏差をたとえばエンジン始動から所定時間後などの永久磁石がまだ高温でない状態で、好ましくは所定定常運転状態で演算し（S120）、それをあらかじめ記憶する図 13 のマップに挿入して、この平均充放電電力値  $P_{bm}$  の標準偏差に対応する  $\Delta K (= |T_1| / |T_1'|)$  を求める（S122）。次に、この  $\Delta K$  を磁

石温度推定手段 10 に出力し（S124）、磁石温度推定手段 10 は、S104 の直後に自己が求めた比  $K (= |T_1| / |T_1'|)$  をこの減少比  $K'$  で割って、可逆的な減磁によるトルク減少率  $K'$  を求め、この  $K'$  を図 3 の  $K$  とみなして S106 にて磁石温度を推定する。なお、図 13 のマップに示す蓄電装置の充放電電力の平均値  $P_{bm}$  の標準偏差と上記比  $K$  との関係は、温度や電流などの他のパラメータの変化により変動するので、この他のパラメータの種々の値ごとに複数のマップを準備し、検出したこの他のパラメータの値に応じて最適なマップを選択することも可能である。

【実施例 4】実施例 4 の装置を適用したハイブリッド車の動力伝達装置を図 12 のフローチャートを参照して説明する。この実施例は、図 4 の S106 にて比  $K (= |T_1| / |T_1'|)$  に基づいてマップから磁石温度  $T$  を求めるのではなく、あらかじめ記憶する比  $K (= |T_1| / |T_1'|)$  と第 1 の回転子 23 の電機子コイルの最大許容電機子電流との関係を示すマップに比  $K$  を導入して、最大許容電機子電流を求める点をその特徴としている。なお、ここでいう最大許容電機子電流とは、第 2 の回転子 24 の内周側永久磁石セットの不可逆的減磁を 0 と見なせる電機子電流電流の最大値を意味する。このようにすれば、その時の磁石温度により制限される限界まで第 1 の回転電機 21 の出力をアップすることができる。

【実施例 5】実施例 5 の装置を適用したハイブリッド車の動力伝達装置を図 13 に示すフローチャートを参照して説明する。この実施例は、上記各実施例で推定した永久磁石温度  $T$  と現時点から所定時間前までの期間における電機子電流の平均値  $I_m$  に基いて電機子コイル温度  $T_c$  を推定し、更にこの電機子コイル温度  $T_c$  から絶縁皮膜が許容最高温度を超えない範囲の最大通電可能電機子電流値  $I_{max}$  を推定し、電機子電流をこの  $I_{max}$  未満に制限することにより小型高出力の回転電機を得るものである。まず、上記各実施例で推定した永久磁石温度  $T$  を読み込み（S142）、現時点から所定時間前までの期間における電機子電流の平均値  $I_m$  を演算し（S144）、あらかじめ記憶する、永久磁石温度  $T$  と電機子電流の平均値  $I_m$  と電機子コイル温度  $T_c$  とのマップに上記  $T$ 、 $I_m$  を代入して電機子コイル温度  $T_c$  をサーチする（S146）。次に、あらかじめ記憶するこの電機子コイル温度  $T_c$  と最大通電可能電機子電流値  $I_{max}$  との関係を示すマップに上記電機子コイル温度  $T_c$  を代入して最大通電可能電機子電流値  $I_{max}$  をサーチし（S148）、電機子電流のこの  $I_{max}$  未満に制限する（S150）。このようにすれば、永久磁石の不可逆的な減磁を防止できる上に、電機子コイルの絶縁皮膜劣化も防止することができる。なお、S146 のマップと S148 のマップを統合し、永久磁石温度  $T$  と電機子電流の平均値  $I_m$  と最大通電可能電機子電流値

13

$I_{max}$ との関係を示すマップを準備し、それに永久磁石温度Tと電機子電流の平均値 $I_m$ の平均値を代入すれば、最大通電可能電機子電流値 $I_{max}$ をより簡単な処理で求めることができる。

(変形例) マップに代入する電機子電流値としては直前の所定期間の電機子電流の平均値を採用したが、直前の所定期間に定間隔サンプリングして得た所定数の電機子電流値データに時間が遡るほど小さくなる重み係数を掛けて放熱を勘案した電機子電流の加重平均値を求めてそれを用いてもよく、あるいは計算を簡素するために電機子電流を0を含む一定値とみなして、永久磁石温度と電機子コイル温度との二元マップで電機子コイル温度を指定してもよい。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】実施例1のハイブリッド車用動力伝達装置の全体ブロック図である。

【図2】図1の動力変換部の模式軸方向断面図である。

【図3】比K( $= |T_1| / |T_1'|$ )と磁石温度Tとの関係を示す特性図である。

【図4】実施例1における磁石温度推定動作を示すフローチャートである。

【図5】実施例2のハイブリッド車用動力伝達装置の全体ブロック図である。

【図6】実施例2における慣性トルク算出動作を示すフローチャートである。

14

【図7】実施例2における慣性トルク算出動作を示すフローチャートである。

【図8】実施例2における慣性トルク算出動作の変形例を示す制御流れ図である。

【図9】実施例3のハイブリッド車用動力伝達装置の全体ブロック図である。

【図10】実施例3における温度閾値補正動作の変形例を示すフローチャートである。

【図11】蓄電装置の充放電電力の平均値と比Kとの関係を示す特性図である。

【図12】実施例4における比Kに基づく電機子電流制限動作を示すフローチャートである。

【図13】実施例5における電機子コイル温度による電機子電流制限動作を示すフローチャートである。

#### 【符号の説明】

1 : エンジン

4 : 車両制御装置 (制御部)

5 : 蓄電装置

6 : エンジン制御装置 (制御部)

21 : 第1の回転電機

22 : 第2の回転電機

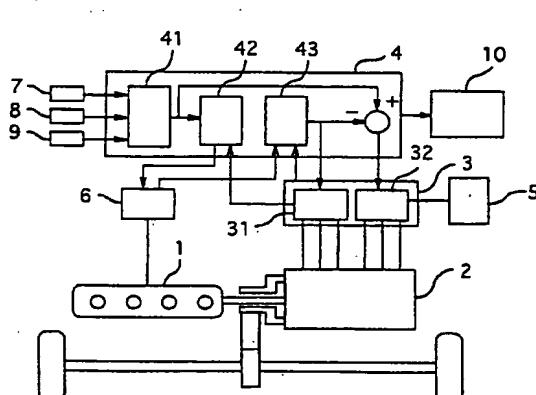
23 : 第1の回転子

24 : 第2の回転子

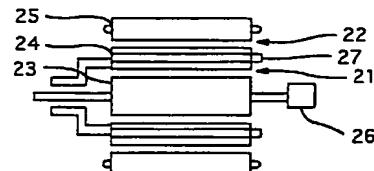
25 : 固定子

31、32 : インバータ

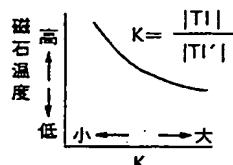
【図1】



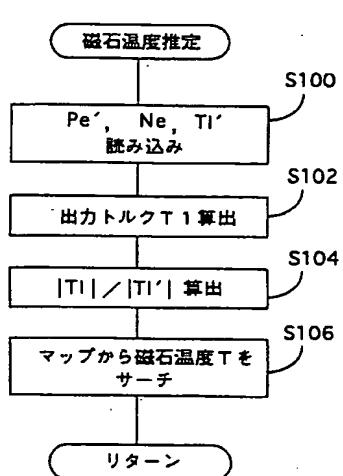
【図2】



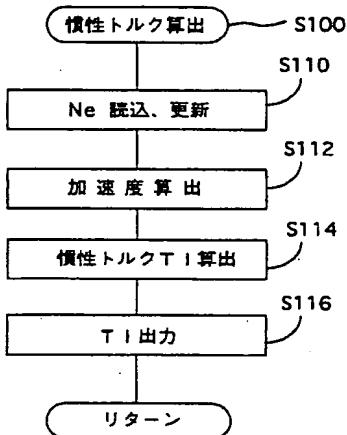
【図3】



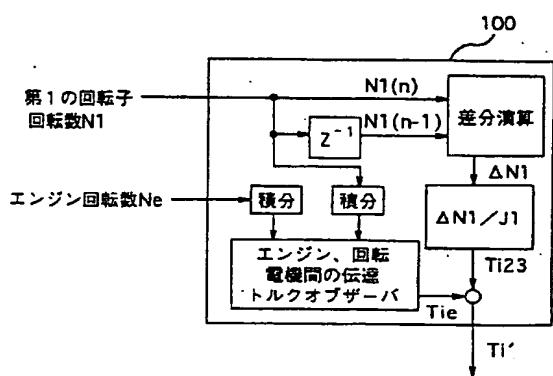
【図4】



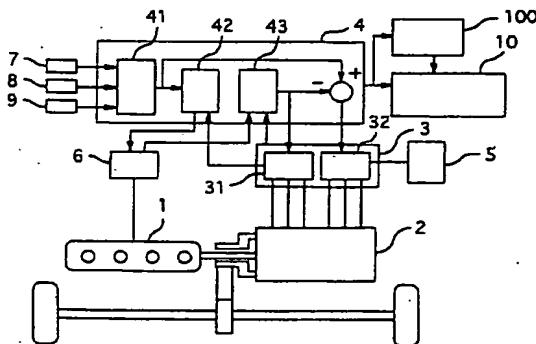
【図6】



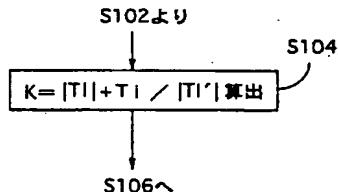
【図8】



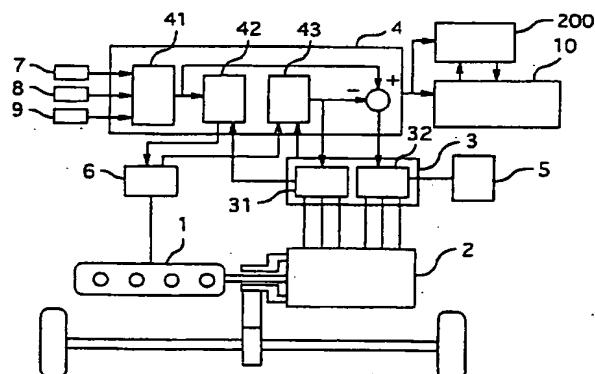
【図5】



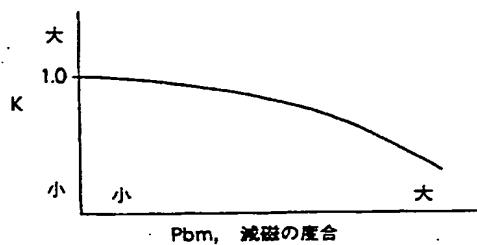
【図7】



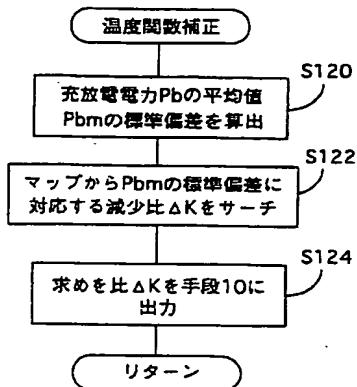
【図9】



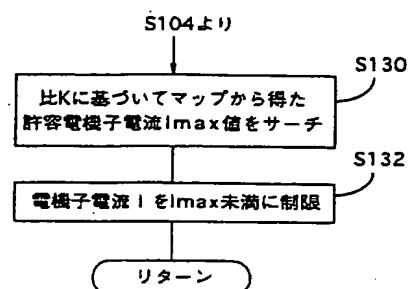
【図11】



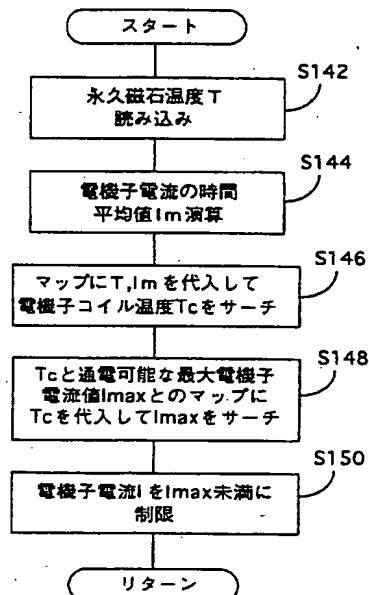
【図10】



【図12】



【図13】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

H 02 P 6/12

識別記号

F I  
H 02 P 6/02

テーマコード(参考)

3 5 1 P

F ターム(参考) 3G093 AA04 AA07 AA16 DA01 DA06  
DB05 DB11 DB15 DB20 FA04  
FA10 FB05  
5H115 PC06 PG04 PI13 PU10 PV09  
QN03 QN06 RB21 RE02 RE03  
SE03 TB01 TE03 TO05 TU11  
5H560 AA08 BB04 BB12 DA14 DC05  
DC12 EB01 GG04 JJ02 SS02  
TT15